

УДК: 001.51; 005

DOI: 10.18413/2518-1092-2018-3-3-0-3

Маторин С.И.  
Жихарев А.Г.  
Игрунов К.К.**КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КАК ЭЛЕМЕНТОВ  
«УЗЕЛ-ФУНКЦИЯ-ОБЪЕКТ»**Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы д. 85,  
г. Белгород, 308015, Россия*e-mail: matorin@bsu.edu.ru, zhikharev@bsu.edu.ru, 745673@bsu.edu.ru***Аннотация**

В статье обсуждается возможность создания общей теории систем на основе системно-объектного подхода, приводится концептуальная классификационная схема системных компонент и их свойств, обосновывающая подход к системе как к конструкции «Узел-Функция-Объект», а также исследуется возможность формализации понятия «система» с использованием идей алгебраического аппарата исчисления объектов Абади-Кардели. Предложена классификация систем как элементов Узел-Функция-Объект, которая использует классификацию потоков связей, входящую в концепцию системно-объектного подхода. Показано, что с помощью формально-семантического алфавита системных элементов графоаналитических моделей, предложенного на основе базовой иерархии классов системных связей, возможно упростить процедуру декомпозиции сложной системы.

**Ключевые слова:** системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект»; графоаналитическое моделирование; классификация УФО-элементов; формально-семантический алфавит.

UDC 001.51; 005

Matorin S.I.  
Zhikharev A.G.  
Igrunov K.K.**CLASSIFICATION OF SYSTEMS AS ELEMENTS «UNIT-FUNCTION-  
OBJECT»**

Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru, zhikharev@bsu.edu.ru, 745673@bsu.edu.ru***Abstract**

The article discusses the possibility of creating a general theory of systems based on the system-object approach, provides a conceptual classification scheme of system components and their properties, which justifies the approach to the system as to the construction of the "Node-Function-Object", and also explores the possibility of formalizing the concept of "system" with using the ideas of the algebraic apparatus of the calculus of Abadi-Kardeli objects. A classification of systems as Node-Function-Object elements is proposed, which uses the classification of communication flows that is included in the concept of the system-object approach. It is shown that with the help of the formal semantic alphabet of system elements of graphoanalytical models proposed on the basis of the basic hierarchy of classes of systemic connections, it is possible to simplify the procedure of decomposition of a complex system.

**Keywords:** system-object approach "Unit-Function-Object"; graphoanalytic modeling; classification of UFO-elements; formal-semantic alphabet.

## **ВВЕДЕНИЕ**

С момента возникновения системных исследований как самостоятельного научного направления не прекращаются попытки создания, так называемой, «общей теории систем» [1]. Несмотря на наличие определенных результатов полноценной системной теории на сегодняшний день не существует. И более того, имеют место сомнения в возможности ее создания [2]. По мнению авторов, это обусловлено сложностью содержательной и формальной идентификации понятий «система» и «свойства системы» как понятий предельного уровня абстракции с учетом возможности их приложения в конкретных предметных областях.

Авторы считают возможным создание общей теории систем на основе системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект», что обосновано нами в работе [3], уточняющей результаты, представленные в [4]. В упомянутой работе [3] показана целесообразность определения основных системных понятий, с помощью которых предлагается осуществлять построение общей теории систем, путем развертывания концептуальной классификационной схемы системных компонент и их свойств. В качестве основы (корня) такой классификации предлагается рассматривать категориальную иерархию классов, представленную на рисунке 1.

Данная категориальная концептуальная схема иерархии классов основана на предложенной в работе [5] семантической модели системы парных категорий в виде иерархической структуры системы категориальных понятий с одной вершиной.

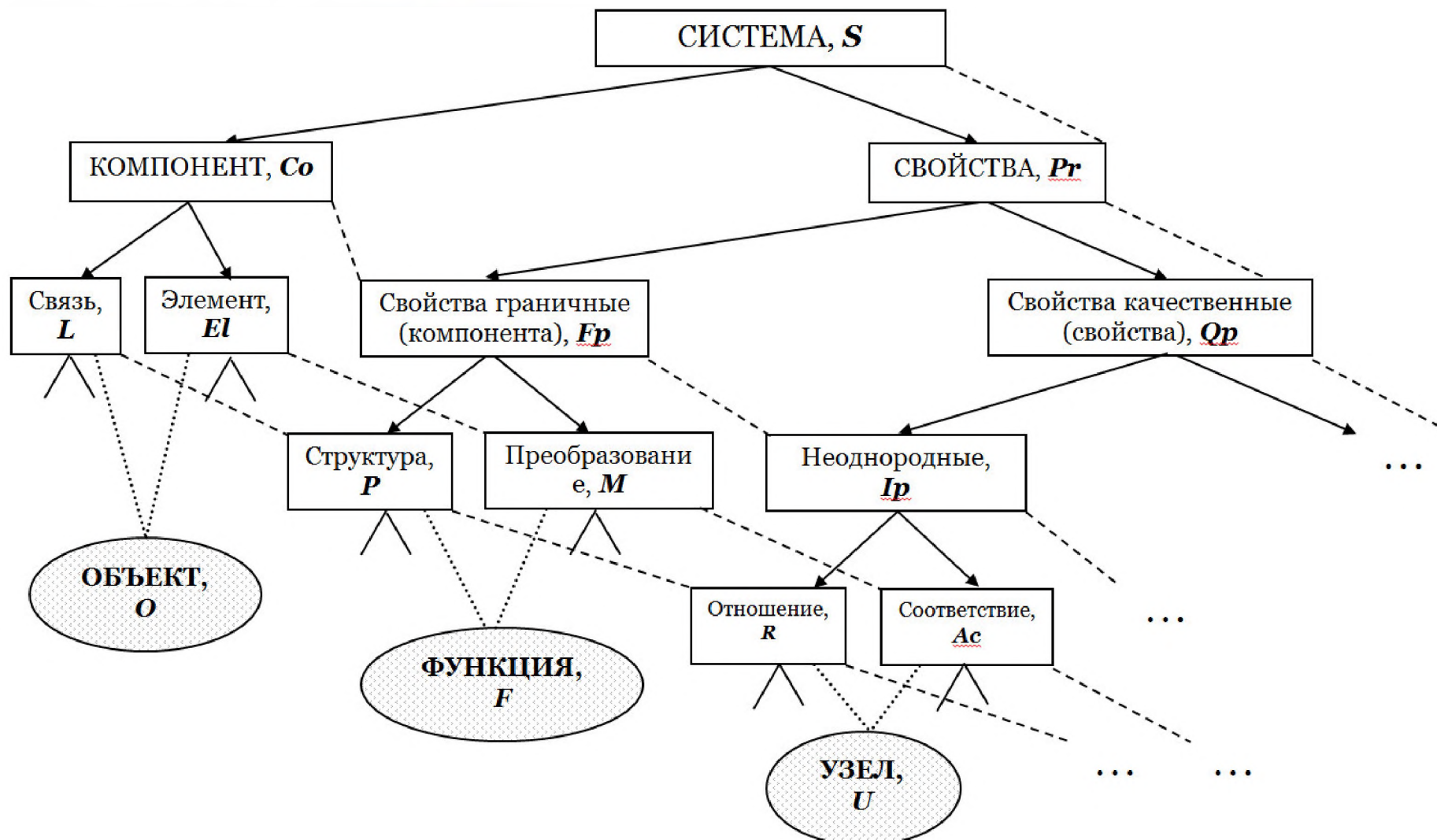


Рис. 1. Классификационная схема системных компонент и их свойств  
Fig. 1. Classification scheme of system components and their properties

В результате ее развития и уточнения получена классификационная схема, учитывающая закономерности естественной классификации, обоснованные, например, в работе [6]. Учет данных закономерностей означает представление обычной таксономии в виде параметрической классификации. Параметрической же считается классификация, в которой классифицируемые элементы систематизированы в соответствии с классификацией их свойств, являющейся частью общей иерархии классов [7]. Практически это означает, что в данной иерархии для каждого классифицируемого компонента (как класса или понятия) присутствует не только его родовой признак (вышестоящий класс), но и понятие (класс), являющееся видовым отличием в содержании классифицируемого понятия, т.е. свойство компонента. На рисунке связь понятия с его видовым отличием (класса с его свойством) изображена пунктирной линией.

### **ФОРМАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «СИСТЕМА»**

Представленная концептуальная схема обосновывает возможность рассмотрения системы как объекта, граничным свойством которого является функция, а качественным – узел (т.е. структурная характеристика системы более высокого яруса). Данная схема позволяет сформулировать следующие определения:

- объект – это система, обусловленная ее функцией в системе более высокого яруса;
- функция – это граничное свойство системы, обусловленное узлом в структуре системы более высокого яруса;
- узел – это качественное свойство системы, обусловленное структурными свойствами системы более высокого яруса.

Предлагаемый подход хорошо согласуется с мнением ряда специалистов в области системных исследований, которые утверждают, что определение понятия «система» дать невозможно, так как оно является понятием предельного уровня абстракции. В данном случае мы и не даем этому понятию родовидового определения, но определяем системные явления и свойства, соответствующие системному подходу, используя данное понятие. Кроме того, эти определения хорошо согласуются с системным подходом Г.П. Мельникова [8], который рассматривает систему как функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса.

Упомянутое в данном определении системы явление обуславливания функции системы функцией надсистемы рассматривается как функциональный запрос надсистемы на систему с определенной функцией (внешняя детерминанта системы). Эта детерминанта соответствует перекрестку функциональных связей системы в структуре надсистемы, т.е. узлу в структуре надсистемы.

*Внешняя детерминанта системы есть причина ее возникновения, цель ее существования и главный определитель ее структурных, функциональных и субстанциальных свойств.* Таким образом, она рассматривается в качестве **универсального системообразующего фактора**. Функционирование же системы под влиянием внешней детерминанты является ее внутренней детерминантой, так как непосредственно определяет ее внутренние свойства (структурные, функциональные и субстанциальные свойства подсистем). Эта детерминанта есть функция объекта, соответствующего данной системе.

В рассматриваемой концептуальной классификационной схеме узел представляет собой более конкретное понятие, по сравнению с понятием функции, а последнее является более конкретным по сравнению с понятием объекта. Данное расположение понятий соответствует таким общесистемным закономерностям как «закон иерархических компенсаций» (*в системе рост разнообразия на верхнем уровне иерархии обеспечивается его ограничением на более низких уровнях*) [9] и принцип «необходимого разнообразия» (*для создания системы, способной справиться с решением проблемы, обладающей определенным разнообразием, необходимо*



обеспечить, чтобы система имела большее разнообразие возможностей, чем разнообразие решаемой проблемы) [10].

Подход «Узел-Функция-Объект» (УФО-подход) позволяет также использовать для формального описания понятия «система» идей алгебраического аппарата исчисления объектов Абади-Кардели [11], что обосновано при создании системно-объектного метода представления знаний (СОМПЗ) [12], основанного на УФО-подходе.

Представленное в концептуальной схеме содержательное понимание системы как элемента «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемента) позволяет формализовать определение системы  $s$  в виде специального объекта исчисления объектов, состоящего из полей и методов:  $s = [U, f, O]$ , где:

**U – узел**, представляет собой поле для описания множества функциональных связей данной системы.  $U = L? \cup L!$ , где  $L?$  – множество входящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих входящим связям системы  $s$ ,  $L!$  – множество исходящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих выходящим связям системы  $s$ . Причем:  $L? \subset L$  и  $L! \subset L$ , т.е. относятся к множеству всех связей  $L$  (потоковых объектов).

**f – функция**, представляет собою метод, описывающий функцию системы  $s$ , т.е. процесс преобразования входящих интерфейсных потоковых объектов (входящих связей системы)  $L?$  в выходящие  $L!$ . Далее, в соответствии с принятой в теории объектов манерой обозначений, метод объекта будем представлять в следующем виде:  $f(L?)L!$ , где  $f$  – метод объекта (функция/процесс системы  $s$ ) с областью определения  $L?$  и областью значений  $L!$ , соответственно.

**O – объект**, представляющий собою множество полей объекта для описания субстанциальных характеристик системы  $s$ . Множество полей для описания этих характеристик системы состоит из трех подмножеств:  $O = O? \cup O! \cup Of$ , где  $O?$  – множество полей, которое содержит интерфейсные входные характеристики объекта (системы  $s$ ),  $O!$  – множество полей, которое содержит интерфейсные выходные характеристики объекта (системы  $s$ ),  $Of$  – множество полей, которое содержит передаточные характеристики объекта (системы  $s$ ).

Таким образом, в полном соответствии с содержательным определением [8], система  $s$ , формально представляется в виде следующего выражения, впервые предложенного (в других обозначениях) в работе [12]:

$$s = [(L?, L!); f(L?)L!; (O?, O!, Of)].$$

Формальное определение системы  $s$ , приведенное выше, требует уточнения. Дело в том, что результаты естественных наук и здравый смысл убеждают в том, что получение из некоторого конкретного входного потока другого потока на выходе без привлечения второго входного потока представляется невозможным. Невозможно преобразовать некоторый поток во что-то другое путем каких-либо манипуляций только с этим потоком. Самопроизвольный радиоактивный распад в данном случае не рассматривается, хотя, на самом деле, он также осуществляется под воздействием космических излучений, т.е. другого потока.

Таким образом, формальное определение системы должно выглядеть следующим образом:  $s = [(L?, L?_j, L!); f(L?, L?_j)L!; (O?, O?_j, O!, Of)]$ .

### КЛАССИФИЦИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ «УЗЕЛ-ФУНКЦИЯ-ОБЪЕКТ»

В рамках системно-объектного подхода рассматриваются не абстрактные связи  $L$ , т.е. любые потоки вообще, а связи/потоки, имеющие определенное содержание. Это обусловлено введением в концепцию рассматриваемой системной теории *классификации связей*. В данной классификации абстрактный класс «Связь ( $L$ )» делится на непересекающиеся подклассы «Материальная связь ( $M$ )» и «Информационная связь ( $I$ )»; класс материальных связей делится на непересекающиеся подклассы «Вещественная связь ( $V$ )» и «Энергетическая связь ( $E$ )»; класс информационных связей – на непересекающиеся подклассы «Связь по данным ( $D$ )» и «Управляющая связь ( $C$ )» [13]. Данная классификация связей/потоков дополняется более конкретными потоками при описании систем определенной предметной области и является основой создания объектов (УФО-

элементов) различных типов. Кроме того, предложенная классификация представляет собой механизм, обеспечивающий специализацию системных понятий и приложение этих понятий к конкретным предметным областям.

Использование классификации связей позволяет классифицировать УФО-элементы по их узлам первоначально на уровне материальных и информационных потоков (см. таблицу 1).

Таблица 1

**Классификация узлов материя/информация**

Table 1

Classification of unit's matter/information			
	M!	I!	M!, I!
M?, M?	*		
I?, I?		*	
M?, I?			*

Данная классификация обусловлена, в первую очередь, тем, что материя не может преобразовываться в информацию, а информация не может преобразоваться в материю (классы материальных и информационных потоков не пересекаются). Кроме того, для любого преобразования и материального, и информационного потока требуется определенное воздействие другого потока.

Таким образом, на данном уровне система может быть представлена в виде разновидностей определения  $s = [(L?, L?, L!); f(L?, L?)L!; (O?, O?, O!, Of)]:$

$$s=[(M?, M?, M!); f(M?, M?)M!; (O?, O?, O!, Of)].$$

$$s=[(I?, I?, I!); f(I?, I?)I!; (O?, O?, O!, Of)].$$

$$s=[(M?, I?, M!, I!); f(M?, I?)M!, I!; (O?, O?, O!, Of)].$$

Классифицирование УФО-элементы по их узлам на уровне вещественных и энергетических потоков (см. таблицу 2) обусловлено тем, что вещество не может преобразовываться в энергию в чистом виде, а энергия не может преобразоваться в вещество (классы вещественных и энергетических потоков не пересекаются). Кроме того, для любого преобразования и вещественного, и энергетического потока требуется определенное воздействие другого потока.

Таблица 2

**Классификация узлов вещество/энергия**

Table 2

Classification of unit's substance/energy			
	V!	E!	V!, E!
V?, V?	*		
E?, E?		*	
V?, E?			*

Таким образом, на данном уровне система может быть представлена в виде разновидностей определения  $s = [(M?, M?, M!); f(M?, M?)M!; (O?, O?, O!, Of)]:$

$$s=[(V?, V?, V!); f(V?, V?)V!; (O?, O?, O!, Of)].$$

$$s=[(E?, E?, E!); f(E?, E?)E!; (O?, O?, O!, Of)].$$

$$s=[(V?, E?, V!, E!); f(V?, E?)V!, E!; (O?, O?, O!, Of)].$$

Классифицирование УФО-элементы по их узлам на уровне потоков данных и потоков управления (см. таблицу 3) обусловлено тем, что данные не могут преобразовываться в управление полностью, а управление не может преобразоваться в данные (классы данных и

управленческих потоков не пересекаются). Кроме того, для любого преобразования и потока данных, и потока управления требуется определенное воздействие другого потока.

Таблица 3

**Классификация узлов данные/управление**

Table 3

Classification of unit's data/control			
	D!	C!	D!, C!
D?, D?	*		
C?, C?		*	
D?, C?			*

Таким образом, на данном уровне система может быть представлена в виде разновидностей определения  $s = [(I?, I?, I!); f(I?, I?, I!); (O?, O?, O!); f(O?, O?, O!)]$ :

$s = [(D?, D?, D!); f(D?, D?, D!); (O?, O?, O!); f(O?, O?, O!)]$ .

$s = [(C?, C?, C!); f(C?, C?, C!); (O?, O?, O!); f(O?, O?, O!)]$ .

$s = [(D?, C?, D!, C!); f(D?, C?, D!, C!); (O?, O?, O!, O!); f(O?, O?, O!, O!)]$ .

Соответственно, разновидностями определения  $s = [(M?, I?, M!, I!); f(M?, I?, M!, I!); (O?, O?, O!); f(O?, O?, O!)]$  будут (см. таблицу 4) следующие определения:

$s = [(V?, D?, V!, D!); f(V?, D?, V!, D!); (O?, O?, O!, O!); f(O?, O?, O!, O!)]$

$s = [(V?, C?, V!, C!); f(V?, C?, V!, C!); (O?, O?, O!, O!); f(O?, O?, O!, O!)]$

$s = [(E?, D?, E!, D!); f(E?, D?, E!, D!); (O?, O?, O!, O!); f(O?, O?, O!, O!)]$

$s = [(E?, C?, E!, C!); f(E?, C?, E!, C!); (O?, O?, O!, O!); f(O?, O?, O!, O!)]$

Таблица 4

**Классификация смешанных узлов**

Table 4

Classification of mixed unit's				
	V!, D!	V!, C!	E!, D!	E!, C!
V?, D?	*			
V?, C?		*		
E?, D?			*	
E?, C?				*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ УФО-ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Приведенные выше рассуждения показывают, что графоаналитические модели, отражающие системность некоторой предметной области, не могут строиться из произвольных элементов. На нижнем уровне иерархии эти модели должны представлять собой совокупности взаимодействующих «алфавитных» материальных элементов, представленных на рисунке 2, информационных элементов, представленных на рисунке 3 и смешанных – на рисунке 4.

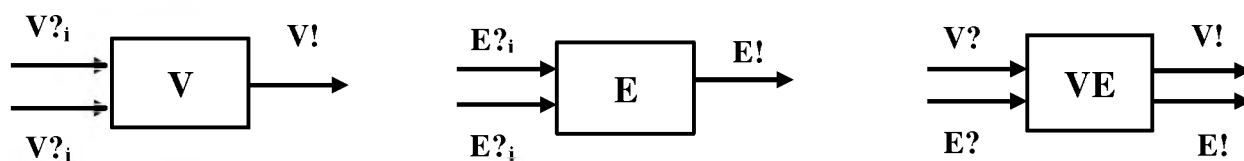


Рис. 2. Алфавитные материальные элементы.

Fig. 2. Alphabetical material elements.

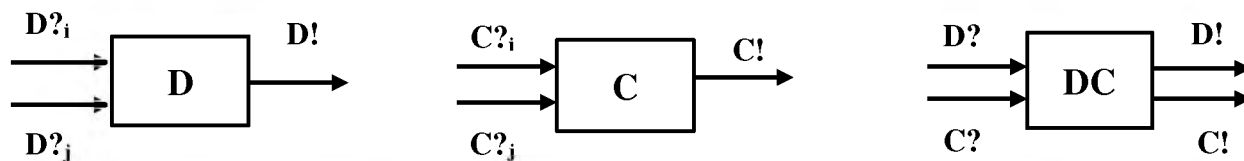


Рис. 3. Алфавитные информационные элементы  
Fig. 3. Alphabetical information elements

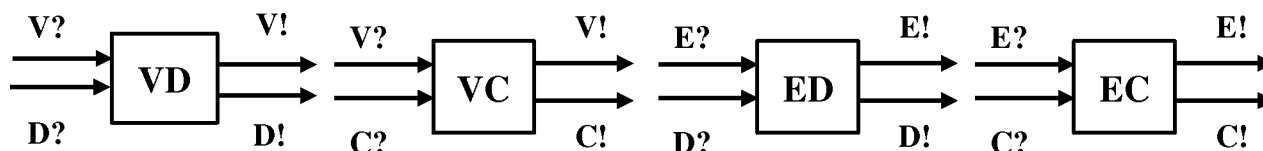


Рис. 4. Алфавитные смешанные элементы  
Fig. 4. Alphabetical mixed elements

Таким образом, использование содержательной классификации связей позволяет рассматривать не бесчисленное множество видов элементов моделей, а весьма ограниченный их набор. Эти ограничения на возможные преобразования связей возникают естественным образом в связи с делением связей на непересекающиеся классы, что соответствует основному принципу построения классификаций. При этом, чем конкретнее предметная область, тем конкретнее набор алфавитных элементов.

К представленным алфавитным элементам могут быть применены операции исчисления систем как УФО-элементов, предложенные в работе [14]. Например, в соответствии с операцией соединения, элемент  $V$ , соединенный с элементом  $VE$ , при условии  $V! \equiv V?$  и  $O!_V RO?_V$  образуют элемент:  $s=[(V?_i, V?_j, E?, V!, E!); f(V?_i, V?_j, E?)V!, E!; (O_{V_i?}, O_{V_j?}, O?_E, O!_V, O!_E, Of)]$ . Соединение, например, элементов  $VC$  и  $VE$  при аналогичных условиях образует элемент:  $s=[(V?, C?, E?, V!, C!, E!); f(V?, C?, E?)V!, C!, E!; (O_{V?}, O_{C?}, O?_E, O!_V, O_{C!}, O!_E, Of)]$ . Объединение этих элементов по входу и выходу даст тот же результат.

Оперируя алфавитными и производными от них элементами можно собирать графоаналитические системно-объектные модели, различных предметных областей. Пример такой сборки представлен на рисунках 5 и 6. При этом на рисунке 5 представлена типовая модель производственного процесса, выполненная в стандарте функционального моделирования IDEF0. А на рисунке 6 та же модель, но выполненная с помощью УФО-элементов, образованных соединением алфавитных элементов  $VC$  и  $VE$  как описано выше. На данном рисунке использованы следующие условные обозначения: узлы  $P1$  и  $C1$  – соответственно разветвитель и соединитель потоков энергии; потоки  $VC$ ,  $V3$ ,  $VD$ ,  $VK_{кон}$ ,  $VK$  – соответственно вещественные потоки сырья, заготовок, деталей, комплектующих на контроль и результирующих комплектующих;  $СЧ$  – управляющая информация в виде чертежа;  $E3?$ ,  $ED?$ ,  $EK?$ ,  $E_{кон?}$  – энергия для производства соответственно заготовок, деталей, комплектующих и процедуры контроля;  $E3!$ ,  $ED!$ ,  $EK!$ ,  $E_{кон!}$  – энергия оставшаяся после производства соответственно заготовок, деталей, комплектующих и процедуры контроля.

Приведенный пример показывает, что предлагаемый набор модельных элементов, в некоторой степени, направляет процесс моделирования. Это соответствует известному среди специалистов бизнес-моделирования положению, что наименьший вред организации принесет инструментарий моделирования, «лишающий разработчика той части «творческих» возможностей, которые ведут к разнообразию представления организационных моделей» [15]. При этом степень соответствия этому требованию инструментария, использующего нотацию IDEF0, оценивается как крайне низкая.



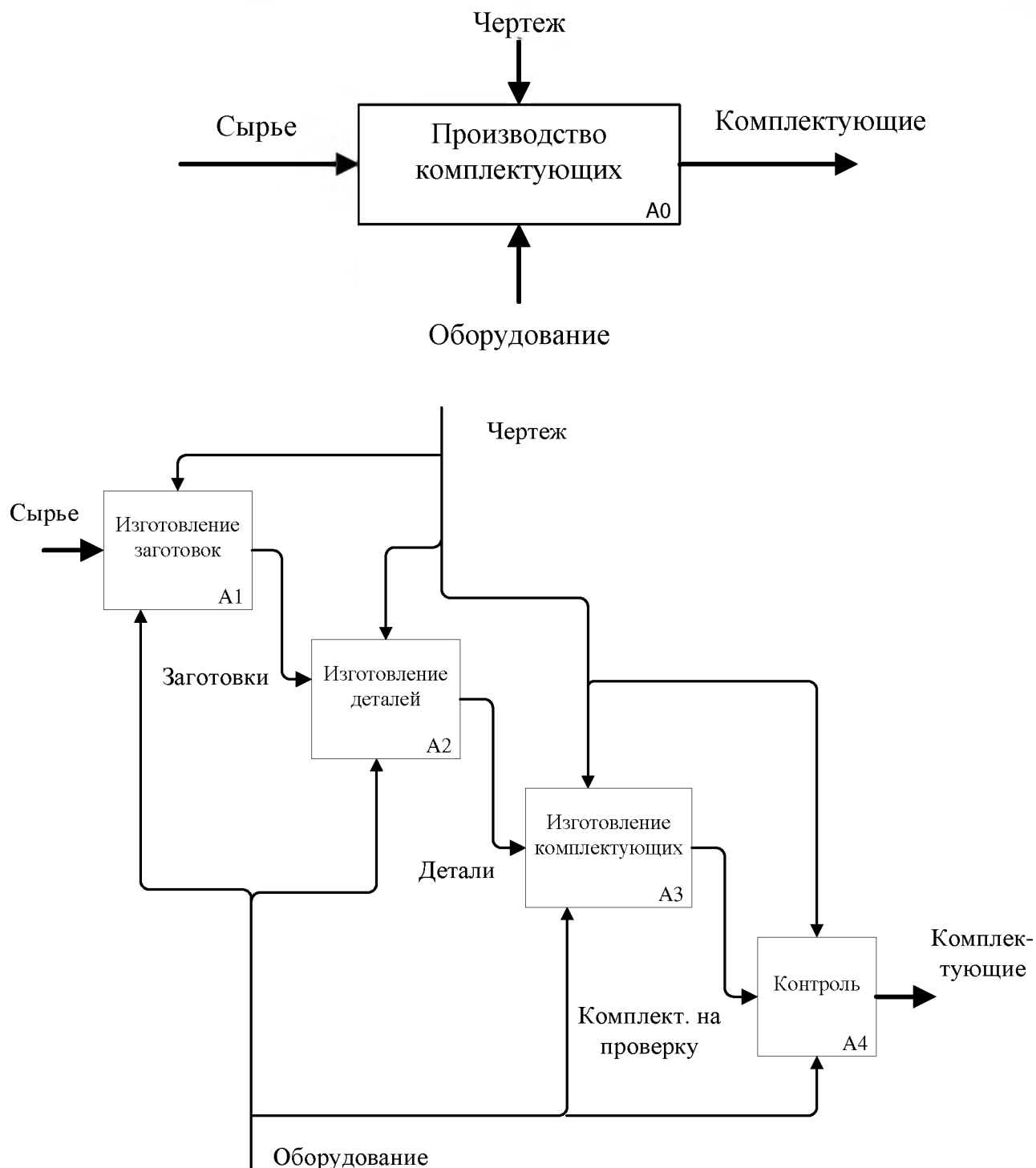


Рис. 5. Модель производственного процесса в стандарте IDEF0

Fig. 5. Model of the production process in the IDEF0 standard

Модель на рисунке 6, полностью отображает типовой производственный процесс, как и рисунок 5. Но, в отличие от последнего, управляющая информация (СК) входит в систему и, поучаствовав во всех процессах, выходит из нее. Кроме того, на рисунке 6 учтены энергетические затраты (Е? разного вида) и, более того, учитывается общеизвестный факт не 100% КПД используемой в производственных процессах энергии, т.е. выход избыточной энергии (Е! разного

вида). При этом в данной модели не происходит потери каких-либо материальных или информационных потоков, что свойственно всем другим нотациям. Таким образом, УФО-модель в большей степени соответствует реальной действительности, причем это достигается использованием предлагаемого алфавита модельных элементов.

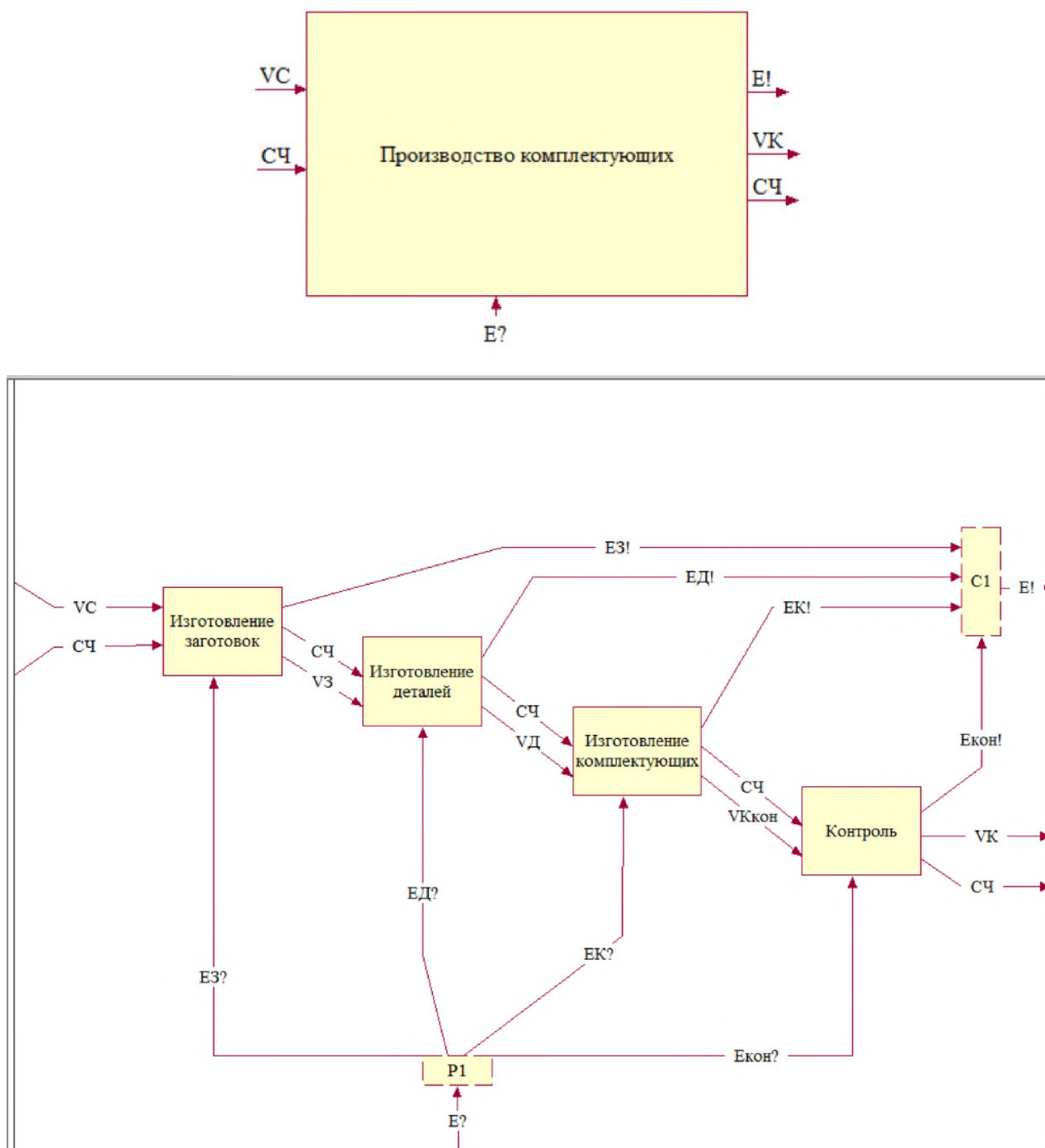


Рис. 6. Модель производственного процесса в терминах УФО-подхода

Fig. 6. Model of the production process in terms of the UFO-approach

Использование алфавита, создаваемого по предложенному принципу, позволяет ограничить число возможных вариантов декомпозиции сложной системы и упростить, таким образом, ее анализ. При этом целесообразно использование алгоритма «интерфейсной декомпозиции», предложенного в работе [16]. Суть данного алгоритма сводится к итерационной процедуре поиска элементов, которые могут быть подсоединены внутри системы к ее входам и выходам с последующей идентификацией новых входов и выходов системы.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Исследования в области формализации системно-объектного подхода показали перспективность этого направления. Представленное выше алгебраическое описание системы как элемента «Узел-Функция-Объект» с использованием идей исчисления объектов Абади-Кардели, а также основные операции с такими элементами, т.е. системами, позволяют формально описывать графоаналитические модели сложных систем, решая задачу их агрегации из простых элементов. Предложенная в работе классификация УФО-элементов по их узлам на основании классификации связей показывает целесообразность использования при построении графоаналитических моделей систем узлов только определенной конфигурации, что облегчает решение задачи декомпозиции сложных элементов модели.

По мнению авторов, описанные в работе формализмы могут быть положены в основу исчисления систем, представляемых в виде УФО-элементов. Разрабатываемое же на данной основе исчисление целесообразно использовать для построения формальной общей теории систем, что обосновывается представленными в данной работе результатами.

*Работа поддержана грантами РФФИ 16-07-00193а и 16-07-00460а.*

### **Список литературы**

1. Общая теория систем URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая\\_теория\\_систем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем) (20.04.2018).
2. Dubrovsky, V.J. To ward system principles: General system theory and the alternative approach // Systems Research and Behavioral Science. 2004. №21 P. 109–122.
3. Маторин С.И., Зимовец О.А., Щербинина Н.В., Сульженко Т.С. Концепция формализованной теории систем, основанной на подходе «Узел-Функция-Объект» // Научные ведомости БелГУ. Серия Информатика. 2016. №16(237). Выпуск 39. С. 159-166.
4. Маторин С.И. Анализ и моделирование бизнес-систем: системологическая объектно-ориентированная технология. Предисл. Э.В. Попова. Харьков: ХНУРЭ, 2002. 322с.
5. Matorin S.I. Systems-Theoretic Investigation Of The Structure Of Categories // Automatic Document and Mathematical Linguistics. 1998. V.31. No.2. P. 4-9.
6. Bondarenko M.F., Elchaninov D.B., Solov'eva E.A. and Matorin S.I. Systemological and Mathematical Foundations of a Natural Classification // International Journal on Information Theories & Applications. 2001. V.8. No.3. P.151-157.
7. Забродин В.Н. О критериях естественности классификации // Научно-техническая информация. Сер.2. 1981. №8. С. 92-112.
8. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. М.: Сов.радио, 1978. 368 с.
9. Седов Е.А. Информационно-энтропийные свойства социальных систем // ОНС. 1993. № 5. С.92-100.
10. Ashby Ross W. An introduction to cybernetics. London: CHAPMAN & HALL LTD, 1956. 296 p.
11. Abadi Martin and Luca Cardelli A Theory of Objects. Springer-Verlag, 1996. 397p.
12. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. О системно-объектном методе представления организационных знаний // Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика. 2013. №8(151). Выпуск 26/1. С. 137-146.
13. Matorin S., Popov A., Matorin V. Organization simulation technology in the light of a new unit-function-object approach // Automatic Document and Mathematical Linguistics. 2005. V. 39. No.1. P. 1-8.
14. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. Исчисление объектов в системно-объектном методе представления знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. №3. С. 95-106.

15. Рубцов С. Какой CASE-инструмент нанесет наименьший вред организации? // Директор ИС. 2002. №1. URL: <http://www.hr-portal.ru/article/kakoy-case-instrument-naneset-naimenshiy-vred-organizacii> (01.05.2018).

16. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А.. Системно-объектное моделирование адаптации и эволюции экономических систем // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2016. №4(60). С. 81-92.

### References

1. General theory of systems URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Obshchaya\\_teoriya\\_sistem](https://ru.wikipedia.org/wiki/Obshchaya_teoriya_sistem) (20.04.2018). (in Russian)
2. Dubrovsky, V. J. To ward system principles: General system theory and the alternative approach // Systems Research and Behavioral Science. No.21. 2004. P. 109–122.
3. Matorin S.I., Zimovec O.A., SHcherbinina N.V., Sul'zhenko T.S. The concept of a formalized theory of systems based on the "Unit-Function-Object" approach // Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Informatika. No.16(237). V.39. 2016. P. 159-166. (in Russian)
4. Matorin S.I. Analysis and modeling of business systems: systemological object-oriented technology. Har'kov: HNUREH, 2002. 322p. (in Russian)
5. Matorin S.I. Systems-Theoretic Investigation Of The Structure Of Categories // Automatic Document and Mathematical Linguistics. V.31. No.2. 1998. P. 4-9.
6. Bondarenko M.F., Elchaninov D.B., Solov'eva E.A. and Matorin S.I. Systemological and Mathematical Foundations of a Natural Classification // International Journal on Information Theories & Applications. V.8. No.3. 2001. P.151-157.
7. Zabrodin V.N. About criteria of naturalness of classification // Nauchno-tehnicheskaya informaciya. Ser.2. No.8. 1981. P. 92-112. (in Russian)
8. Mel'nikov G.P. Systemology and language aspects of cybernetics. M.: Sov. radio, 1978. 368 p. (in Russian)
9. Sedov E.A. Information-entropic properties of social systems // ONS. No.5. 1993. P.92-100. (in Russian)
10. Ashby Ross W. An introduction to cybernetics. London: CHAPMAN & HALL LTD, 1956. 296 p.
11. Abadi Martin and Luca Cardelli A Theory of Objects. Springer-Verlag, 1996. 397 p.
12. ZHiharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. On the system-object method of representing organizational knowledge // Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Informatika. No.8(151). V.26/1. 2013. P. 137-146. (in Russian)
13. Matorin S., Popov A., Matorin V. Organization simulation technology in the light of a new unit-function-object approach // Automatic Document and Mathematical Linguistics. 2005. V. 39. No.1. P. 1-8.
14. Matorin S.I., ZHiharev A.G., Zimovec O.A. Objects calculus in the system-object method of knowledge representation // Artificial Intelligence and Decision Making. No.3. 2017. P. 95-106. (in Russian)
15. Rubcov S. Which CASE tool will do the least harm to the organization?// Direktor IS. No.1. 2002. URL: <http://www.hr-portal.ru/article/kakoy-case-instrument-naneset-naimenshiy-vred-organizacii> (01.05.2018) (in Russian)
16. Matorin S.I., ZHiharev A.G., Zimovec O.A. System-object modeling of adaptation and evolution of economic systems // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ehkonomiki i prava. No.4(60). 2016. P. 81-92. (in Russian)

**Маторин Сергей Игоревич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и робототехнических систем

**Жихарев Александр Геннадиевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и робототехнических систем

**Игрунов Константин Константинович**, аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

**Matorin Sergey Igorevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information and Robotics Systems

**Zhikharev Alexander Gennadievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information and Robotics Systems

**Igrunov Konstantin Konstantinovich**, postgraduate student of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies